

Verfahren zur Reduzierung von Farbmoiré in digitalen Bildern

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Reduzierung von Farbmoiré in digitalen Bildern.

5

Bei der Bildaufnahme mit digitalen Kameras werden hochfrequente Signale mit einer vom Pixelraster eines Bildsensors vorgegebenen festen Frequenz abgetastet. In großflächigen, feinstrukturierten Gebieten ergeben die Abtastpunkte oftmals
10 niederfrequente Schwebungen, die zu einem störenden Farbmoirés führen. Die Wellenlängen dieser Schwebungen können ein beträchtliches Vielfaches des Pixelabstandes betragen und sind stark von der Aufnahmesituation abhängig.

15 Zahlreiche bekannt gewordene technische Lösungen beziehen sich auf die Reduzierung der durch Unterabtastung hervorgerufenen Moiré-Effekte in digitalen Bildern. Darunter gibt es solche, die eine Übertragung von Moiré verursachenden Strukturen auf den Bildsensor verhindern, wie etwa optische Filter, mit denen
20 die Schärfe aus feinen Bildstrukturen vor deren Abbildung auf den Bildsensor herausgenommen wird, so dass die hochfrequenten Signale bei der Abtastung fehlen (DE 37 89 291 T2). Auch eine bewusst erzeugte Bewegungsunschärfe (JP 04 061 587 A) führt zu einem derartigen Ergebnis, doch gehen in beiden Fällen
25 Bildinformationen verloren und die Bildschärfe verringert sich.

Eine andere Möglichkeit besteht darin, eine asymmetrische Farbverteilung im Pixelraster vorzusehen, indem sich die Farbverteilung auf der Pixelmatrix nicht mit konstanten
30 Abständen wiederholt. Dadurch werden die Abtastbedingungen variiert und die Moireeffekte reduzieren sich (US 4 821 088).

Schließlich sind Techniken bekannt, die auf das bereits abgetastete Bild wirken, indem das digitale Bild zunächst in
35 einen Luminanz-Chrominanz-Farbraum transformiert und anschließend eine Filterung der oberen Frequenzen der

Chrominanz-Signale erfolgt. Nach der Filterung wird das Bild zurück in den ursprünglichen RGB-Farbraum überführt.

Von Nachteil ist, dass nicht zwischen einem Farbmoiré und tatsächlichen Farbbildsignalen unterschieden wird. Je mehr die
5 Signalintensität in den Kanälen zur Reduzierung des Farbmoiré herabgesetzt wird, desto stärker treten Farbverfälschungen in den Kantenbereichen auf.

Auch der EP 1 083 737 A2 gelingt nicht die ausreichende
10 Beseitigung dieser Farbverfälschungen, da durch die ausschließliche Verwendung der Farbtonwerte zur Lokalisierung der Gebiete, in denen Farbmoiré vorhanden ist, wichtige Signalcharakteristiken von Moire-Erscheinungen und bei der vorgesehenen Farbänderung für die lokalisierten Moiré-Pixel
15 durch großflächig gemittelte Farbtonwerte die Moiré-Stärke selbst nicht berücksichtigt wird.

Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, die Farbmoiréunterdrückung dahingehend zu verbessern, dass
20 Auswirkungen auf Kantenbereiche und feine Strukturen weiter reduziert werden, indem Farbmoiré verursachende niederfrequente Schwebungen derart detektiert und gedämpft werden, dass eine Korrektur nur für flächenhafte Bereiche vorgenommen wird und die Kantenbereiche sowie feine Strukturen weitgehend
25 ausgeschlossen bleiben.

Gemäß der Erfindung wird die Aufgabe durch ein Verfahren zur Reduzierung von Farbmoiré in digitalen Bildern durch folgende Verfahrensschritte gelöst:

30 Transformation der Farbsignale des Bildes aus einem Ausgangsfarbraum in einen Luminanz-Kanal und in Chrominanz-Kanäle eines Luminanz-Chrominanz-Farbraumes, bei der der Luminanz-Kanal frei von Farbsignalen bleibt, die in die Chrominanz-Kanäle transformiert werden,

bildpunktweiser, auf erste ausgewählte Frequenzen beschränkter Energievergleich zwischen dem Luminanz-Kanal und den Chrominanz-Kanälen, um Farbmoiré behaftete Pixel zu ermitteln, eine auf zweite ausgewählte Frequenzen beschränkte Korrektur der Energiewerte der Farbmoiré behafteten Pixel in mindestens einem der Chrominanz-Kanäle und Rücktransformation der korrigierten Farbsignale der Chrominanz-Kanäle und der Farbsignale des Luminanz-Kanals in den Ausgangsfarbraum.

10

Besonders zweckmäßige und vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

15 Deutliche Bildverbesserungen werden auch erreicht, wenn die erfindungsgemäßen Maßnahmen mehrfach auf das Bild angewendet werden, wobei schon eine 3 bis 5fache Anwendung ausreichend ist.

20 Die Erfindung nutzt die für Moire-Erscheinungen wichtige Frequenzcharakteristik der Farbsignale und den Vergleich von Bandpassenergien zwischen Luminanz-Kanal und Chrominanz-Kanälen als Markierungskriterium aus, um zunächst Farbmoiré behaftete Pixel zu bestimmen und danach in den Chrominanz-Kanälen eine frequenzselektive Energiereduzierung bei mittleren Frequenzen zur Unterdrückung des langwelligen Farbmoiré vorzunehmen. Auf diese Weise gelingt nicht nur eine automatische Feststellung, an welchen Bildorten eine Signaldämpfung erforderlich ist, sondern auch, wie diese in Abhängigkeit von der Stärke des Auftretens des Moires ausgeführt werden muss. Dadurch hat die Dämpfung in der Nähe von Kanten weniger Farbverfälschungen zur Folge.

30 Nachstehend soll die Erfindung anhand der schematischen Zeichnung näher erläutert werden. Es zeigen:

Fig. 1 den Ablauf des erfindungsgemäßen Verfahren

Fig. 2 die Frequenzaufteilung für den Luminanz-Kanal und die Chrominanz-Kanäle

5

Aus dem im vorliegenden Ausführungsbeispiel zur Darstellung für die Farbinformationen der Bildsignale eines digitalen Bildes dienenden RGB-Farbraum erfolgt zunächst eine Transformation in einen rGb-Luminanz-Chrominanz-Farbraum. Erfindungsgemäß bleibt
 10 der Luminanz-Kanal bei dieser Transformation frei von solchen Farbsignalen, die in die Chrominanz-Kanäle transformiert werden, d. h. von den Farbsignalen Rot R, Grün G und Blau B wird das grüne Farbsignal aus dem als Ausgangsfarbraum dienenden RGB-Farbraum unverändert in den Luminanz-Kanal
 15 überführt und die Chrominanz-Kanäle r und b werden durch

$$r = \frac{R}{R + G + B} \quad \text{und} \quad b = \frac{B}{R + G + B}$$

gebildet.

20

Zur Ermittlung Farbmoiré behafteter Pixel wird zunächst in jedem der Kanäle eine Frequenzaufteilung der in den Luminanz- und Chrominanz-Kanälen vorhandenen Frequenzen z. B. entsprechend Fig. 2 vorgenommen, indem das breitbandige
 25 Frequenzsignal FS in jedem der Kanäle mittels zweier, z. B. als gaussische Mittelungsfiler ausgebildete Tiefpassfilter TPF 1 und TPF 2 und Differenzbildung in drei Unterfrequenzbereiche geteilt wird, von denen ein erster Unterfrequenzbereich HF hohe, ein zweiter Unterfrequenzbereich MF mittlere und ein
 30 dritter Unterfrequenzbereich TF tiefe Frequenzen umfasst.

Anhand eines bildpunktweisen Energievergleiches zwischen den Chrominanz-Kanälen und dem Luminanz-Kanal, für den ein relatives Energievergleichsmaß EVM in Form einer
 35 Bandpassenergie aus dem Unterfrequenzbereich der mittleren und

5 tiefen Frequenzen bildpunktweise für die Kanäle ermittelt wird,
kann auf das Vorhandensein eines Farbmoiré bei einem Pixel
geschlossen werden. Das liegt darin begründet, dass ein in den
Chrominanz-Kanälen vorhandenes Farbsignal, welches nicht im
Luminanz-Kanal zu finden ist, ein als Falschsignal zu
interpretierendes höheres relatives Energievergleichsmaß EVM in
mindestens einem der Chrominanz-Kanäle liefert als im Luminanz-
Kanal, währenddessen ein aus den selektierten
Unterfrequenzbereichen MF und TF des Luminanz-Kanals
ermitteltes höheres relatives Energievergleichsmaß EVM
10 gegenüber einem niedrigeren Wert des relativen
Energievergleichsmaßes EVM in den Chrominanz-Kanälen nicht auf
ein Farbmoiré schließen lässt.

15 Zur Unterdrückung des Farbmoirés werden gemäß der Erfindung
deshalb nur die Pixel korrigiert, für die der bildpunktweise
Vergleich der relativen Energievergleichsmaße EVM zu einem
höheren Wert in den selektierten Unterfrequenzbereichen
mindestens eines Chrominanz-Kanals gegenüber den gleichartig
20 selektierten Unterfrequenzbereichen des Luminanz-Kanals führt.

Ein relatives Energievergleichsmaß EVM gemäß dem vorliegenden
Ausführungsbeispiel kann dadurch gebildet sein, dass die
Energie des mittelfrequenten zweiten Unterfrequenzbereiches ins
25 Verhältnis gesetzt wird zur Summe der Energien des
mittelfrequenten zweiten und des tieffrequenten dritten
Unterfrequenzbereiches.

30 Zur Korrektur der Energiewerte stehen unterschiedliche
Möglichkeiten einer Energiedämpfung zur Verfügung, jedoch sind
nur diejenigen zum Erreichen des gewünschten Effektes
brauchbar, die gemäß der Erfindung zu einer selektiven Dämpfung
des Signals führen und nicht den gesamten Inhalt des
chrominanten Kanals beseitigen.

Deshalb beschränkt sich die zur Reduzierung des Energiewertes cMF_Wert vorgesehene Dämpfung bevorzugt auf den mittelfrequenten Unterfrequenzbereich MF in mindestens einem der Chrominanz-Kanäle, wobei ein zwischen null und eins variierbarer Dämpfungsfaktor α das Ergebnis der Farbmoiréunterdrückung unterschiedlich beeinflussen kann. Liegt z. B. für den Luminanz-Kanal ein größeres Energievergleichsmaß EVM vor als im Chrominanz-Kanal, wird der Dämpfungsfaktor $\alpha = 1$ sein. Ansonsten kann der Dämpfungsfaktor α aber auch eine vorgegebene, unter Umständen experimentell ermittelte Konstante sein. Allgemein gilt:

$$cMF_Wert_neu = \alpha * cMF_Wert$$

Vorteilhaft sollte der Dämpfungsfaktor α jedoch eine (mathematische) Abhängigkeit von dem Energievergleichsmaß EVM aufweisen. Das hat zur Folge, dass die Farbmoiréunterdrückung wesentlich selektiver gestaltet werden kann, was sich im Besonderen positiv auf die im Bild vorhandenen Kantenbereiche auswirkt. Da aus dem erfindungsgemäßen Auswahlverfahren der Farbmoiré behafteten Pixel mittels der Energievergleichsmaße EVM Zugehörigkeitswahrscheinlichkeiten resultieren, erfolgt bei einer Abhängigkeit des Dämpfungsfaktor α von dem Energievergleichsmaß EVM eine selektive Dämpfung entsprechend dieser Wahrscheinlichkeiten.

Handelt es sich bei dem Dämpfungsfaktor α um das Energievergleichsmaß EVM des Luminanz-Kanals, werden besonders gute Korrekturergebnisse erzielt.

Es sind selbstverständlich auch andere Abhängigkeiten möglich. So kann der Dämpfungsfaktor α auch das Produkt aus dem Energievergleichsmaß EVM des Luminanz-Kanals und dem tieffrequenten Energiewert eines Chrominanz-Kanals sein.

Es ist für den Fachmann ersichtlich, dass das erfindungsgemäße Verfahren sowohl in einer programmtechnischen Lösung implementiert oder aber auch als Hardware-Lösung ausgeführt sein kann.

5

Nachdem die Energiewertkorrektur abgeschlossen ist, werden die Unterfrequenzbereiche wieder zu einem Gesamtfrequenzbereich zusammengefügt und es erfolgt eine Rücktransformation der korrigierten Farbsignale der Chrominanz-Kanäle und der

10

Farbsignale des Luminanz-Kanals in den Ausgangsfarbraum.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Reduzierung von Farbmoiré in digitalen Bildern durch

- 5 - Transformation der Farbsignale des Bildes aus einem Ausgangsfarbraum in einen Luminanz-Kanal und in Chrominanz-Kanäle eines Luminanz-Chrominanz-Farbraumes, bei der der Luminanz-Kanal frei von Farbsignalen bleibt, die in die Chrominanz-Kanäle transformiert werden,
- 10 - bildpunktweisen, auf erste ausgewählte Frequenzen beschränkten Energievergleich zwischen dem Luminanz-Kanal und den Chrominanz-Kanälen, um Farbmoiré behaftete Pixel zu ermitteln,
- eine auf zweite ausgewählte Frequenzen beschränkte
- 15 Korrektur der Energiewerte der Farbmoiré behafteten Pixel in mindestens einem der Chrominanz-Kanäle und
- Rücktransformation der korrigierten Farbsignale der Chrominanz-Kanäle und der Farbsignale des Luminanz-Kanals in den Ausgangsfarbraum.

20

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem als Ausgangsfarbraum der RGB-Farbraum mit R für rotes, G für grünes und B für blaues Farbsignal dient, aus dem die Transformation in den Luminanz-Chrominanz-Farbraum dadurch erfolgt, dass das grüne
- 25 Farbsignal unverändert in den Luminanz-Kanal überführt und die Chrominanz-Kanäle r und b gebildet werden durch

$$r = \frac{R}{R + G + B} \quad \text{und} \quad b = \frac{B}{R + G + B}.$$

3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem in jedem der Kanäle eine
- 30 Frequenzaufteilung der in dem Luminanz-Kanal und in den Chrominanz-Kanälen vorhandenen Frequenzen in Unterfrequenzbereiche vorgenommen wird, von denen ein erster Unterfrequenzbereich hohe, ein zweiter Unterfrequenzbereich mittlere und ein dritter Unterfrequenzbereich tiefe
- 35 Frequenzen umfasst.

4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem zum bildpunktweisen Energievergleich ein relatives Energievergleichsmaß dient, welches aus dem Verhältnis der Energie des mittelfrequenten zweiten Unterfrequenzbereiches zur Summe der Energien des mittelfrequenten zweiten und des tieffrequenten dritten Unterfrequenzbereiches ermittelt ist.
5
5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem die Korrektur der Energiewerte der Farbmoiré behafteten Pixel als Energiewertreduzierung auf den mittelfrequenten zweiten Unterfrequenzbereich in mindestens einem Chrominanz-Kanal beschränkt ist.
10
6. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem zur Energiewertreduzierung ein mit dem Energievergleichsmaß verknüpfter Dämpfungsfaktor α dient.
15
7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem der Dämpfungsfaktor α dem Energievergleichsmaß des Luminanz-Kanals entspricht.
20
8. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem zur Energiewertreduzierung als Dämpfungsfaktor α eine experimentell ermittelte Konstante dient.
25
9. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem der Dämpfungsfaktor α dem Produkt aus dem Energievergleichsmaß des Luminanz-Kanals und dem tieffrequenten Energiewert eines Chrominanz-Kanals entspricht.
30
10. Verfahren zur Reduzierung von Farbmoiré in digitalen Bildern, bei dem eine Mehrfachanwendung der Maßnahmen mindestens einer der Ansprüche 1 bis 9 erfolgt.

Zusammenfassung

Bei einem Verfahren zur Reduzierung von Farbmoiré in digitalen Bildern besteht die Aufgabe, die Farbmoiréunterdrückung dahingehend zu verbessern, dass Auswirkungen auf Kantenbereiche und feine Strukturen weiter reduziert werden, indem Farbmoiré verursachende niederfrequente Schwebungen derart detektiert und gedämpft werden, dass eine Korrektur nur für flächenhafte Bereiche vorgenommen wird und die Kantenbereiche sowie feine Strukturen weitgehend ausgeschlossen bleiben.

Ein Vergleich von Bandpassenergien zwischen Luminanz-Kanal und Chrominanz-Kanälen dient als Markierungskriterium, um zunächst Farbmoiré behaftete Pixel zu bestimmen und danach in den Chrominanz-Kanälen eine frequenzselektive Energiereduzierung bei mittleren Frequenzen zur Unterdrückung des langwelligen Farbmoiré vorzunehmen.

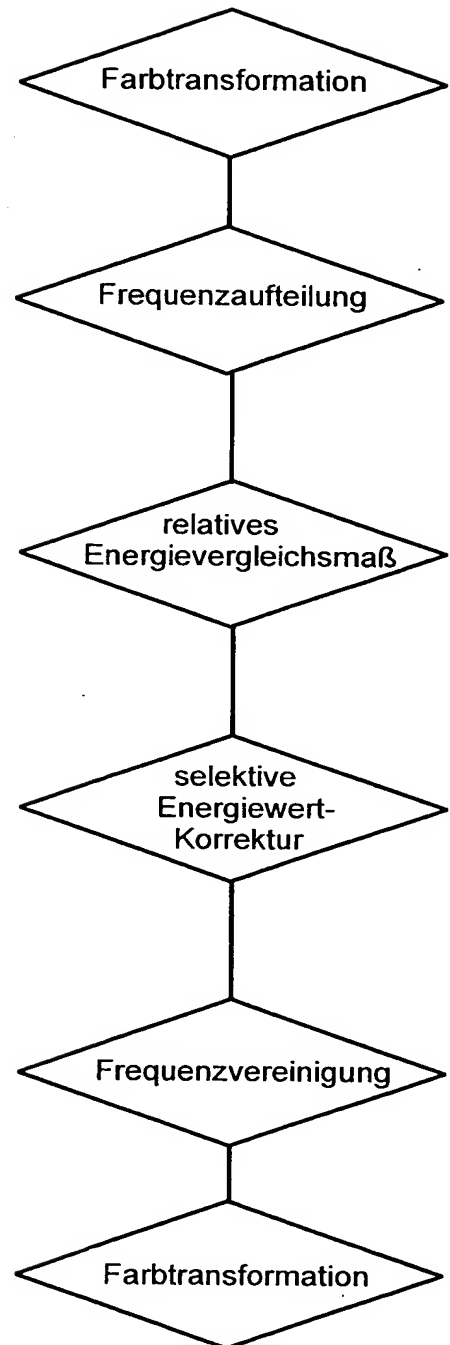
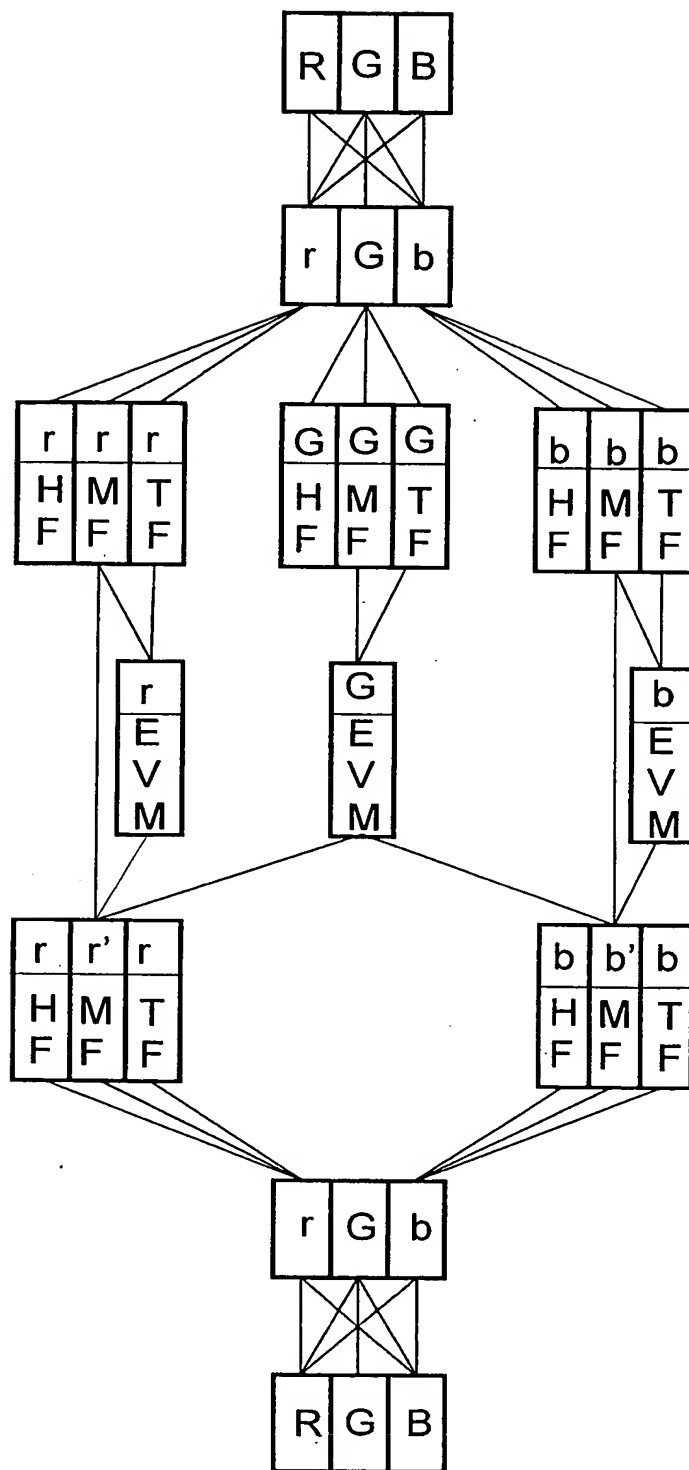


Fig. 1

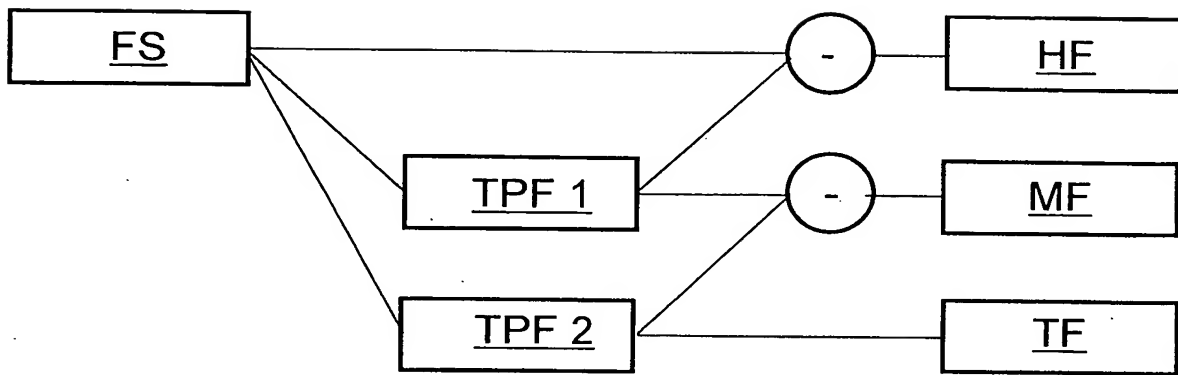


Fig. 2